

補助事業番号 2018M-166

補助事業名 平成30年度 ナノ粒子層付きヒートパイプを用いた超小型熱輸送デバイスの開発 補助事業

補助事業者名 電気通信大学大学院情報理工学研究科 教授 大川 富雄

1 研究の概要

高発熱密度電子機器の冷却に適用するため、毛管力に優れるナノ粒子層をウィックとして用いることで、ヒートパイプの高性能化を試みた。この結果、ナノ流体の沸騰濃縮を利用すれば、ヒートパイプ筐体の内壁やウィック材である金属メッシュの表面にナノ粒子層を形成可能であることを示した。ナノ粒子層付きヒートパイプ熱伝達性能を調べたところ、ウィック材である金属メッシュにナノ粒子層をコーティングした場合には熱抵抗を減じることができ、筐体の内壁にコーティングした場合には、これがウィックとして機能するため、この他のウィックを削除できることを示した。前者はヒートパイプの熱輸送性能の向上、後者はヒートパイプの小型化を行う上で、有効な手法を提供していると考えられる。

2 研究の目的と背景

ヒートパイプは、毛管力によって凝縮部から蒸発部に凝縮液を搬送して、潜熱による熱輸送を連続的に行うことで、銅の熱伝導と比較して数十～数百倍もの高効率で熱を輸送できる。このため、CPUの冷却等で広く利用されているが、近年の電子機器における発熱密度の上昇、さらにはスマートフォンを始めとするモバイル機器の普及により、さらに小型かつ熱輸送性能に優れたヒートパイプの開発が求められている。

本研究では、ナノ粒子層をコンテナ内壁やウィック素材の全面に予め形成して、凝縮部から蒸発部への凝縮液の搬送経路を確立することで、ヒートパイプの熱輸送性能の向上が可能であるかを、実験的に明らかにすることを目的とした。また、ナノ粒子層を極薄のウィックとして利用することにより、ヒートパイプの小型化が可能かどうかについても検討を実施した。

3 研究内容 (http://www.eel.mi.uec.ac.jp/toppage_photo/okawalabo_jka.pdf)

(1) ナノ粒子層の形成手法に関する研究

ヒートパイプのウィック材として使用される金属メッシュにナノ粒子層を形成する場合には、高温に熱した金属メッシュをナノ流体中に浸漬することで、ナノ粒子層を形成可能であることを示した。筐体である銅パイプの内壁にナノ粒子層を形成する場合には、電気絶縁と断熱を施した上で、ナノ流体中でヒーター加熱し、管内部で核沸騰を生じさせることで、ナノ粒子層を形成可能であることを示した。また、これらの手法で作成したナノ粒子層が、十分な毛管力を有することを確認した。

(2) ナノ粒子層付きヒートパイプの熱伝達特性に関する研究

ナノ粒子層付きヒートパイプの熱伝達性能を実証するため、伝熱実験を実施した。この結果、ウィック材の表面にナノ粒子層を形成すれば熱抵抗の低減が可能であること、筐体の内壁に形成す

れば、ウィック材を削除できることを示した。したがって、本研究で開発した手法を用いることで、ヒートパイプの熱輸送性能の向上と小型化を実現できると考えられることを示した。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

長期健全性の確認やナノ粒子層形成手法の低コスト化など、残された課題は少なくないが、本研究で開発した手法は、ヒートパイプの性能向上に有効である。このため、高発熱密度電子機器の冷却を中心に、ヒートパイプやベーパーチャンバーの開発で活かされるものと期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

ナノ粒子層の形成と伝熱実験から構成される基礎的な検討を実施したが、近年大きな問題となっている電子機器冷却に直接応用できる可能性があるため、数多くの民間企業から問い合わせがあり、研究開発の方向性に関する様々な意見を聞くことが出来た。基礎的な研究成果を活用して社会に貢献しようとする意思を強く感じる研究課題であった。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

(特許)

- 大川富雄、王萌蕾、ヒートパイプおよびヒートパイプ製造方法、特願2019-085579.

(学術雑誌論文)

- Menglei Wang and Tomio Okawa, Effect of nanoparticle layer coating on heat transfer performance of heat pipe, Heat Transfer Engineering, in press.【招待論文】

(国際会議論文)

- T. Okawa, M. Wang, K. Enoki, Effect of Nanoparticle Layer Coating on Heat Transfer Performance of Heat Pipe, Proceedings of 1st International Conference on Nanofluids (ICNf2019), ICNf-S4-3 (2019/6)
- Tomio Okawa, Menglei Wang, Koji Enoki, Experimental Evaluation of the Performance of Heat Pipes with Nanoparticle Layer, 14th International Conference on Heat and Mass Transfer (WSEAS), 1-3 (2018/12)

(国内会議口頭発表)

- Wang Menglei, 榎木光治, 大川富雄, ヒートパイプにおけるナノ流体の伝熱性能の研究, 熱工学コンファレンス, A124 (2018年10月)
- 王萌蕾, 大川富雄, 榎木光治, ヒートパイプにおけるナノ流体の伝熱性能の研究, 第56回日本伝熱シンポジウム, H312 (2019年5月)
- 大川富雄, ヒートパイプにおけるナノ流体の伝熱性能, 日本ヒートパイプ協会第38回総会及び講演会 (2019年7月)【招待講演】
- 大川富雄, 世界最小の熱輸送デバイスの開発に向けて, 新技術説明会 (2019年5月)【招待講演】

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

無し

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 電気通信大学情報理工学研究科

住 所： 〒182-8585

東京都調布市調布ヶ丘1-8-1

申 請 者： 教授 大川 富雄（オオカワ トミオ）

担 当 部 署： 機械知能システム学専攻

E - m a i l : okawa.tomio@uec.ac.jp

U R L : <http://www.eel.mi.uec.ac.jp/>